

<https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-4-11-26>



Диагностика и лечение ингаляционных травм у детей в США (обзор литературы)*

Niti Shahi^{1,2}, Ryan Phillips^{1,3}, Steven L. Moulton⁴

¹ Отделение детской хирургии, Детская больница Колорадо; 13123 East 16th Ave., B-323, Aurora, Colorado, USA 80045

² Хирургическое отделение Медицинского факультета Массачусетского университета; 55 Lake Ave. North, Worcester, Massachusetts, USA 01605

³ Хирургическое отделение, клиника Окснер; 1514 Jefferson Hwy. New Orleans, LA USA 70121

⁴ Отделение хирургии, Медицинский факультет Университета Колорадо; 12631 E. 17th Avenue, C-305, Aurora, Colorado, USA 80045

Ингаляционные травмы являются основной причиной детской смертности при пожарах, так как у детей, из-за анатомо-физиологических особенностей дыхательных путей, риск летальных исходов выше, чем у взрослых. В результате сочетанного воздействия теплового и химического факторов повреждающего агента и возникающих при этом вторичных эффектов возможно прямое повреждение паренхимы легких. **Диагностика.** Фиброоптическая бронхоскопия является современным диагностическим стандартом при диагностике ингаляционного поражения и констатации его выраженности. КТ (компьютерная томография) органов грудной клетки дает дополнительную возможность определения повреждения паренхимы легких у пациентов с ингаляционным поражением. **Лечение.** Лечение пациентов с ингаляционной травмой направлено на уменьшение бронхоспазма и отека дыхательных путей. Бронходилататоры являются основой терапии ингаляционных травм. Преимущества вентиляции с высоким дыхательным объемом у детей заключаются в уменьшении дней на ИВЛ, снижении риска развития ОРДС и ателектазов. Физиотерапия грудной клетки, включая всасывание, технику кашля и раннюю мобилизацию, может быть полезной для пациентов с ингаляционными травмами. **Заключение.** Большинство детей, перенесших серьезную ожоговую травму, выживают. Хотя те, кто получил термоингаляционную травму, подвержены большему риску развития инфекционных осложнений и неблагоприятному исходу заболевания. Сочетание современных методов лечения поражения дыхательных путей и вентиляционной поддержки, как правило, дают хорошие результаты.

Ключевые слова: ингаляционная травма, ожог, дети, педиатрия, интубация, респираторная поддержка

Конфликт интересов: Все авторы согласились на публикацию этой статьи. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Niti Shahi, Ryan Phillips, Steven L. Moulton. Диагностика и лечение ингаляционных травм у детей в США. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2019; 9(4):11–26 <https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-4-11-26>

Diagnosis and Management of Inhalation Injuries in U.S. Children

Niti Shahi^{1,2}, Ryan Phillips^{1,3}, Steven L. Moulton⁴

¹ Division of Pediatric Surgery, Children's Hospital Colorado, 13123 East 16th Ave., B-323, Aurora, Colorado, USA 80045

² Department of Surgery, University of Massachusetts Medical School, 55 Lake Ave. North, Worcester, Massachusetts, USA 01605

³ Department of Surgery, Ochsner Clinic, 1514 Jefferson Hwy. New Orleans, LA USA 70121

⁴ Department of Surgery, University Colorado School of Medicine, 12631 E. 17th Avenue, C-305, Aurora, Colorado, USA 80045

* Перевод с английского языка. Оригинал на стр. XX.

Abstract

Inhalation injuries are the leading cause of mortality in fire related deaths in children, who because of their small and fragile airways have a greater risk of mortality than their adult counterparts. Direct injury to the lung parenchyma can be caused by a combination of heat and chemical damage, and their secondary effects.

Diagnosis. Fiberoptic bronchoscopy is the current diagnostic standard when determining the presence and severity of an inhalation injury. Chest CT (computed tomography) has been described as an adjunct to identifying parenchymal lung damage in inhalation injury patients. **Management.** The benefits of high tidal volume ventilation in this patient population include decreased ventilation days, decreased ARDS, and decreased atelectasis [The goals of medical therapy in patients with an inhalation injury are: 1) decrease bronchospasm, and 2) decrease airway edema. Bronchodilators are the mainstay of medical therapy for inhalation injuries. Chest physiotherapy including suctioning, coughing techniques, and early mobilization can be beneficial for patients with inhalation injuries. **Summary.** Most children who sustain a major burn injury survive. Although those who sustain an inhalation injury are at greater risk for morbidity and mortality, modern modes of airway management and ventilatory support generally result in good outcomes.

Keywords: *Inhalation injury, burn, children, pediatric, intubation, respiratory support*

Conflict of interest: All authors have consented to publication of this article. No funding was acquired for the submitted work, and none of the authors have any conflicts of interest. This article was exempt from review from the local ethics committee.

For citation: Niti Shahi, Ryan Phillips, Steven L. Moulton. Diagnosis and Management of Inhalation Injuries in U.S. Children. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2019;9(4):11–26 <https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-4-11-26>

Актуальность

В большинстве случаев ожоги у детей имеют локальный характер, поэтому для их лечения чаще всего достаточно правильного ухода. Обширные поражения кожного покрова при термической травме опасны для здоровья и, если проводится неадекватная терапия, то могут возникнуть значительные физиологические расстройства, ведущие к нарушению функций жизненно важных органов. Сочетание ожога кожи с ингаляционной травмой увеличивает риск летальных исходов в зависимости от тяжести поражения и возраста пациента.

Эпидемиология

Ингаляционные травмы встречаются в 10–30% случаев у больных с ожоговой травмой, при этом частота неблагоприятных исходов заболевания на 16% выше, чем при ожогах тела той же площади поражения [1–5]. Ингаляционные травмы являются основной причиной детской смертности при пожарах [1, 4], так как у детей из-за их анатомо-физиологических особенностей дыхательных путей риск летальных исходов выше, чем у взрослых. В 2017 году от термоингаляционных поражений

погибло 3645 американцев, из которых 314 были детьми в возрасте до 14 лет [6,7].

Механизмы ингаляционной травмы

При ингаляционной травме от воздействия различных травмирующих механизмов могут повреждаться верхние и нижние дыхательные пути, паренхима легких, а иногда и вся легочная система. Повреждения верхних дыхательных путей обычно вызваны прямым воздействием вдыхаемого горячего воздуха [8]. У пациентов, как правило, наблюдаются покраснение и припухлость ротоглотки, повышенная секреция слизи в дыхательных путях, появляется мокрота с примесью копоти, осиплость голоса. Это косвенные признаки отека дыхательных путей с последующей их обструкцией [8,9].

Повреждения нижних дыхательных путей в основном вызываются продуктами горения или химическим повреждением слизистой [5,10]. К наиболее вредным продуктам горения относятся галогеновые кислоты, альдегиды, аммиак, сероводород, диоксид серы, фосген, диоксид азота и органические нитрилы [10,11]. Твердые частицы могут привести к усилению воспаления в нижних дыхательных пу-

тях, особенно если частицы меньше 5 мм в диаметре [9,10].

Специфические механизмы повреждения нижних дыхательных путей включают:

- 1) увеличение бронхиального кровотока, вызывающее усиление отека легких;
- 2) скопления из выделений бокаловидных клеток;
- 3) выделение активных форм кислорода (АФК), вызывающих раздражение слизистой оболочки дыхательных путей и бронхоспазм;
- 4) потеря ресничек, ведущая к нарушению проходимости дыхательных путей, увеличение бактериальной обсемененности и усиление отслоения эпителия слизистой дыхательных путей;
- 5) усиление воспаления за счет высвобождения интерлейкина-1 (IL-1) [8,12, 13,14,15]. Типичная картина повреждения нижних дыхательных путей включает одышку, наличие хрипов, ослабление дыхания при аускультации, а также низкое насыщение крови кислородом (падение сатурации) [8].

В результате сочетанного воздействия теплового и химического факторов повреждающего агента и возникающих при этом вторичных эффектов возможно прямое повреждение паренхимы легких. Эти механизмы включают в себя:

- 1) повышение проницаемости сосудистой стенки с последующим отеком легких;
- 2) альвеолярный коллапс в результате отека легких;
- 3) повреждение клетки от АФК;
- 4) обструкция и окклюзия из-за продуктов горения и развившихся отеков;
- 5) снижение уровня поверхностно-активного вещества (ПАВ) (Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – химические соединения, которые, концентрируясь на поверхности раздела термодинамических фаз, вызывают снижение поверхностного натяжения);
- 6) формирование ателектазов;
- 7) снижение фагоцитоза макрофагами [9,8,13].

Вместе эти процессы способствуют неадекватной вентиляционной перфузии и уменьшению эластичности легких [5,8]. Паренхиматозное повреждение легких повышает риск развития пневмонии у этой группы пациентов, особенно в условиях снижения фагоцитоза легочными макрофагами [13].

При вдыхании продуктов горения может развиваться системное отравление угарным газом и цианидом, о чем будет упомянуто ниже [11].

Диагностика

При клиническом осмотре больных обнаруживаются специфические признаки, указывающие на ингаляционную травму. К ним относятся ожоги на лице, опаленные волосы в носу, бронхорея, сажа в мокроте и хрипы в легких [5]. Фиброоптическая бронхоскопия является современным диагностическим стандартом при диагностике ингаляционного поражения и констатации его выраженности [5]. Тяжесть ингаляционной травмы определяется на основе «Краткой шкалы травмы», разработанной Endorf и Gemeilli, которая варьируется от 0 до 4 (0 – без травм; 4 – массивные травмы) [16,17]. Чем выше показатели тяжести термоингаляционной травмы, тем продолжительнее период ИВЛ, сроки пребывания в ОРИТ и выше процент летальных исходов [16,18].

КТ (компьютерная томография) органов грудной клетки дает дополнительную возможность определения повреждения паренхимы легких у пациентов с ингаляционным поражением.

Система оценки степени тяжести поражения легочной системы у этих больных, называемая шкалой RADS (реактивный синдром дисфункции дыхательных путей по оценке радиолога), была разработана на модели овец [19,20]. Шкала RADS дает:

- 0 баллов – при неизменной паренхиме легких;
- 1 балл – при усилении межклеточной маркировки легких;
- 2 балла – при эффекте помутнения матового стекла;
- 3 балла – уплотнение легочной ткани [19].

Эта система оценок применяется к каждому квадранту левого и правого легочных полей. В исследовании Oh с соавторами оценка КТ RADS достигала 8 и более, что характеризовалось выявлением при бронхоскопии выраженных патологических изменений со стороны стенки бронхов [19].

Диагностическая значимость и преимущество КТ грудной клетки при оценке тяжести повреждения у больных с термоингаляционной травмой объясняется возможностью осмотра как паренхимы легких, так и дистальных дыхательных путей. Вместе с тем, при КТ также можно обнаружить

повреждение легких уже в первые шесть часов после травмы [20]. Другие методы оценки тяжести ингаляционной травмы включают сканирование легких с использованием ксенона-133 и тестирование функции легких. Следует подчеркнуть, что эти диагностические методы редко используются в экстренных случаях и упомянуты лишь по причине их исторической значимости.

Лечение термоингаляционной травмы

Бронхоскопия у пациентов с ингаляционной травмой выполняется с целью диагностики и лечения изменений со стороны дыхательной системы. Диагностическая бронхоскопия осуществляется с целью определения тяжести повреждения слизистой оболочки дыхательных путей. Терапевтическую бронхоскопию используют для аспирации секрета и удаления твердых частиц из верхних и нижних дыхательных путей [21]. Целесообразно проводить неоднократные бронхоскопии для санации трахеобронхиального дерева с целью профилактики возникновения легочных осложнений.

Первоначальное лечение ингаляционных травм включает в себя оценку дыхательных путей и стопроцентную подачу кислорода через маску. Иногда необходима ранняя интубация, особенно у пациентов с обширными и глубокими ожогами кожи, ожогами лица и в тех случаях, когда нельзя исключить факт вдыхания горячего воздуха. Такие пациенты должны быть интубированы на ранней стадии, потому что в дыхательных путях может развиваться отек вплоть до полной обструкции в течение первых 12–24 часов после травмы. В 2011 году Американская Ожоговая Ассоциация (АВА) определила следующие критерии для интубации: наличие полных ожогов лица; хрипов; респираторного дистресса; отека, выявляемого при ларингоскопии; травмы верхних дыхательных путей; спутанного сознания; гипоксии/гиперкарбии и гемодинамической нестабильности [22]. Vadulak с соавторами [22] добавил к критериям АВА так называемые критерии Денвера: опаленные волосы на лице и предполагаемое вдыхание дыма. В исследовании Университета Колорадо, касающемся взрослых ожоговых пациентов, было обнаружено, что критерии Денвера обладают повышенной точностью при прогнозировании необходимости интубации [22]. Однако в других исследованиях было показано, что наличие опален-

ных носовых волос само по себе не является показателем для ранней интубации [23]. Есть публикации, авторы которых в качестве показаний для интубации указывают клинически обоснованные подозрения на ингаляционное повреждение или ожог ТБСА (общая площадь поверхности тела) > 40% [24].

Стратегии ИВЛ

До сих пор не существует единого мнения о показаниях к интубации детей, перенесших ингаляционную травму [21]. В клинической практике многие врачи используют SIMV (Синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция), HFV (высокочастотная вентиляция), HFPV (высокочастотная перкуссионная вентиляция), APRV (вентиляция со сбросом давления в дыхательных путях), вентиляция с низким или высоким дыхательным объемом и HFOV (высокочастотная осцилляторная вентиляция). В результате опроса сотрудников ожоговых центров выяснилось, что SIMV чаще применяется в качестве стратегии ИВЛ в центрах с большим числом пациентов, чем в центрах с небольшим числом пострадавших [25]. При HFPV обеспечивается частота до 500–600 вдохов в минуту [26]. Преимущества использования HFPV заключаются в более низком пиковом давлении в дыхательных путях, повышенной функциональной резервной емкости (FRC), увеличенном клиренсе секрета и увеличенном клиренсе пробки [11,27,28]. Cioffi и соавторы [29] сравнили HFV и HFPV у пациентов с ингаляционным повреждением и обнаружили более низкий процент пневмоний в группе HFPV [29]. APRV использовался у взрослых пациентов, однако имеется ограниченная информация о его применении у детей. Одним из недостатков применения APRV является то, что он может увеличить среднее давление в дыхательных путях.

В литературе, посвященной ОРДС (острый респираторный дистресс-синдром), наблюдается рост использования вентиляции с низким дыхательным объемом, определяемой как 6–8 см³/кг. Однако в исследовании ARDSnet, были исключены пациенты моложе 16 лет и ожоги ТБСА > 30%. Авторы установили, что у детей с острым повреждением легких или ОРДС при выполнении вентиляции с низким дыхательным объемом снижения летальных исходов не наблюдалось по сравнению с группой больных, у которых применялась вентиляция

с большим объемом [28]. Напротив, в одном из исследований, проводимом у детей с термоингаляционной травмой, установлено, что при вентиляции с высоким дыхательным объемом сокращалось количество дней на ИВЛ, но в то же время отмечались повышение пикового давления на вдохе и плато по сравнению с вентиляцией с низким дыхательным объемом, а также высокая летальность [15].

Преимущества вентиляции с высоким дыхательным объемом у детей заключаются в уменьшении дней на ИВЛ, снижении риска развития ОРДС и ателектазов [15].

К недостаткам вентиляции с высоким дыхательным объемом относятся повышенная частота пневмоторакса, вероятность развития баротравмы, более высокая частота смертельных исходов [15]. В связи с этим необходимы дополнительные исследования с целью определения оптимального режима вентиляции у детей с ожоговыми травмами.

Существует много литературы с доводами против использования HFOV (высокочастотная осцилляторная вентиляция) [27,30]. К недостаткам HFOV относятся технические сложности аспирации секрета, наличие большого количества способов увеличения объема легких, скопление газов, бронхоспазм и стимуляция образования экссудата и агрегатов [30,31]. Другие отрицательные моменты использования HFOV у детей с ингаляционными травмами связаны с трудностями в проведении ингаляционной (аэрозольной) терапии и с высокой вероятностью возникновения баротравмы [31].

Лечение

Лечение пациентов с ингаляционной травмой направлено на уменьшение бронхоспазма и отека дыхательных путей [12]. Бронходилататоры являются основой терапии ингаляционных травм. Они сгруппированы в несколько классов лекарств, включая распыленные агонисты бета 2 (альбутерол, сальметерол и рацемический адреналин) и антагонисты мускариновых рецепторов (тиотропий) [5].

Агонисты бета 2 вызывают расслабление гладких мышц, могут снизить пиковое давление и давление плато в дыхательных путях, уменьшить несоответствие V/Q (вентиляции и кровоснабжения) и улучшить растяжимость легких [11]. В настоящее время использование бета-блокаторов считается стандартом медицинской помощи.

Антагонисты мускариновых рецепторов, такие как тиотропий, также могут снижать давление в дыхательных путях и уменьшать выработку слизи, подавляя сокращение гладких мышц и уменьшая выброс цитокинов [15,21,27].

Муколитические агенты, такие как N-ацетилцистеин, образуют другой класс лекарств, которые также можно использовать для лечения ингаляционных повреждений. Они могут разжижать слизь и снижать уровень свободных радикалов, однако их редко используют при лечении детских ингаляционных травм [27].

Ингаляционный гепарин – это еще одно лекарство, которое было апробировано на животных и взрослых пациентах при лечении травм дыхательных путей. Ингаляционный гепарин используется для уменьшения формирования фибрина и твердых образований. В литературе по лечению взрослых больных с ожоговой травмой высказывается мнение, что использование вдыхаемого гепарина и N-ацетилцистеина способствует повышению выживаемости и уменьшению показателей тяжести повреждения легких [32]. К сожалению, нет больших исследований, оценивающих использование вдыхаемого гепарина у детей с ожогами.

Профилактическое использование стероидов для пациентов с ингаляционными травмами не рекомендуется. Фактически, среди больных, которые получали стероиды после ингаляционной травмы, обнаружен более высокий уровень смертности [2]. Существуют и другие редкие методы лечения ингаляционных повреждений, которые были описаны на моделях с животными или в небольших исследованиях, включая активатор тканевого плазминогена (tPA) для расщепления твердых образований, вдыхаемого оксида азота и сурфактанта [11]. Однако в педиатрии этих исследований недостаточно и ни одно из них не может считаться стандартом.

Дыхательная терапия

Физиотерапия грудной клетки, включая всасывание, технику кашля и раннюю мобилизацию, может быть полезной для пациентов с ингаляционными травмами [12]. Рекомендуется также поднять голову кровати для предотвращения аспирационной пневмонии. В этой группе пациентов антибиотики для профилактики пневмонии не показаны. В тяжелых случаях при ОРДС следует рассмотреть положение лежа на животе [21].

Лабораторные исследования

Начальные анализы крови включают полный метаболический анализ, лактат, СО-оксиметрию и анализ газов артериальной крови. При тяжелых ожогах метаболический ацидоз может быть вызван гипоксией, неадекватной реанимацией или метгемоглобинемией. Было показано, что высокие уровни лактата, выше 10 ммоль/л, связаны с отравлением цианидом [33].

Отравление СО

Угарный газ (СО) – это газ без запаха, вкуса и цвета, который является основной причиной смерти при пожарах. СО связывается с гемоглобином гораздо эффективнее, чем кислород, образуя карбоксигемоглобин. Связывание СО с гемоглобином вызывает смещение кривой диссоциации кислород-гемоглобин влево, уменьшая тем самым насыщение тканей кислородом, что приводит к гипоксии и ишемии. Врачи всегда должны предполагать отравление СО, учитывая воздействие горения (пожар в доме, угольный или газовый гриль, некондиционные газовые или масляные обогреватели). Проявления отравления угарным газом часто начинаются с неспецифических неврологических симптомов и могут включать головную боль, спутанность сознания, усталость, головокружение, тошноту и рвоту. Они могут быстро прогрессировать до галлюцинаций и коматозного состояния [34]. Стандартная пульсовая оксиметрия (SpO₂) не является надежным свидетельством воздействия СО, поскольку она не дифференцирует карбоксигемоглобин и оксигемоглобин [8].

Диагноз отравления оксидом углерода должен быть подтвержден повышенным содержанием карбоксигемоглобина, измеренным с помощью оксиметрии СО в газах крови, но важно отметить, что уровень карбоксигемоглобина не коррелирует точно со степенью отравления СО. Роль различных визуальных изображений неясна в диагностике отравления СО, но компьютерная томография (КТ) головы может помочь в исключении других причин неврологической декомпенсации. Есть редкие сообщения об обнаружении геморрагического инфаркта бледного шара и глубокого белого вещества на КТ или МРТ (магнитно-резонансная томография) при наличии нейропсихиатрического синдрома (DNS). О наличии DNS сообщалось почти у 40 процентов пациентов со значительным воздействием СО. Син-

дром может возникать через 3–240 дней после первоначального восстановления [35]. DNS характеризуется различной степенью когнитивного дефицита, личностных изменений, двигательных расстройств и очагового неврологического дефицита.

Первоначальное лечение отравления СО должно быть направлено на быстрое введение 100% фракционного вдоха кислорода (FiO₂). Эффективность гипербарического кислорода в лечении токсичности СО остается неясной, но ее следует учитывать у детей с тяжелым метаболическим ацидозом или с признаками ишемии конечных органов.

Отравление цианидами

Воздействие цианидов вызвано сгоранием синтетических материалов, включая пластмассу, пену, лаки, краски, искусственную шерсть и шелк. Отравление цианидом следует подозревать, если у человека, пострадавшего при пожаре в закрытом пространстве, снижается уровень сознания, понижается артериальное давление и/или повышается уровень лактата в крови. Частота случаев цианидной интоксикации недооценивается, а симптомы, связанные с ней, аналогичны симптомам при ингаляционных травмах [1].

У пациента могут быть одышка, тахипноэ, рвота, брадикардия, гипотензия, головокружение, кома и/или судороги. Одной из патогномичных характеристик отравления цианидом является запах горького миндаля при дыхании пациента, но этот симптом присутствует не всегда. Цианидная интоксикация зависит от дозы, а механизм действия включает связывание цианида с цитохром с-оксидазой, что приводит к расщеплению электронов в митохондриях. Это может быть трудно диагностировать, потому что нет быстрого анализа для его обнаружения. Клинические признаки, связанные с токсичностью цианидов, включают повышенный уровень лактата (> 10 ммоль/л), метаболический ацидоз и повышенное насыщение смешанной венозной крови газом. Пациенты, которые проходят лечение при цианидной интоксикации, должны также быть оценены на предмет отравления угарным газом.

Лечение цианидного отравления заключается в поддерживающей терапии с высоким содержанием кислорода, коррекции метаболического ацидоза и введении набора антидота цианида или гидроксикобаламина. Набор цианидных антидотов доступен для большинства медицинских учреждений стра-

ны и включает амилнитратный жемчуг, тиосульфат натрия и амилнитрит [21]. Механизм действия амилнитратного жемчуга и нитрата натрия заключается в индукции метгемоглобина, в то время как тиосульфат натрия вызывает превращение цианида в тиоцианат и способствует почечной экскреции. Побочные эффекты от компонентов набора цианидных антидотов включают гипотензию, раздражение желудочно-кишечного тракта и местные реакции в месте инъекции. Гидроксиокобаламин является еще одним средством лечения при цианидном отравлении и связывается с цианидом, образуя цианокобаламин. Он широко используется для лечения этого вида отравления, как у взрослых, так и у детей [1].

Результаты

Достижения в области лечения ожогов позволяют выживать большему числу детей с тяжелыми ожогами и ингаляционными травмами. Смертность от ожогов у детей низкая и не превышает двух процентов [36]. В литературе имеются данные, подтверждающие, что дети, находившиеся на лечении в ожоговых центрах с большим числом пациентов, имеют лучшие результаты, включая более низкие показатели смертности [36]. Наиболее распространенным осложнением, которое возникает у этих больных, является инфекция дыхательных путей, особенно пневмония, которая нередко приводит к летальным исходам в группе пациентов с термическим поражением [11,37].

У большинства детей, перенесших поражение дыхательных путей, не возникают длительные функциональные расстройства. Тем не менее, встречаются редкие отдаленные последствия в виде стеноза гортани [38,39]. Одной из причин его возникновения может быть непосредственное воздействие повреждающего агента на слизистую

дыхательных путей. Другой причиной подобного осложнения является интубационная трубка при длительном ее стоянии. Стеноз гортани формируется из-за высокого давления в результате длительной интубации и/или чрезмерно раздутого эндотрахеального баллона. Известны случаи формирования стеноза трахеи и бронхоэктазов [11]. За последние несколько десятилетий у детей с тяжелыми ожоговыми травмами наблюдается значительное улучшение исходов заболевания, снижение летальности. Быстрое распознавание и лечение ингаляционных травм по-прежнему имеет первостепенное значение для успешного лечения обожженных.

Заключение

Большинство детей, перенесших серьезную ожоговую травму, выживают. Хотя те, кто получил термическую ингаляционную травму, подвержены большему риску развития инфекционных осложнений и неблагоприятному исходу заболевания. Сочетание современных методов лечения поражения дыхательных путей и вентиляционной поддержки, как правило, дают хорошие результаты.

В настоящее время медицинская помощь детям с термической травмой направлена на оптимизацию функциональных, косметических и психологических результатов реабилитации. Часто у детей с ожоговой травмой возникают серьезные психологические и эмоциональные барьеры, которые необходимо преодолеть. К счастью, для решения этих проблем существуют благотворительные организации и реабилитационные лагеря, работающие по специальным программам. Дети, принимающие участие в этих программах, преодолевают проблемы, связанные с физическими изменениями их облика. Такие пациенты учатся адекватно переносить полученные травмы и обретают уверенность в жизни.

Литература/ References:

1. American Academy of Pediatrics. Reducing the number of deaths and injuries from residential fires. *Pediatrics*. 2000;105(6):1355–7
2. Herndon D.N. *Total burn care*. Edinburgh: Elsevier; 2018
3. Jeschke M.G., Herndon D.N. Burns in children: standard and new treatments. *The Lancet*. 2014; 383(9923):1168–78
4. Palmieri T.L., Warner P., Mlcak R.P., Sheridan R., Kagan R.J., Herndon D.N. Inhalation injury in children: a 10-year experience at Shriners Hospitals for Children. *Journal of Burn Care & Research*. 2009;30(1):206–8
5. Sen S. Pediatric inhalation injury. *Burns & Trauma*. 2017;5(31)

6. Anderson T.A., Fuzaylov G. Perioperative Anesthesia Management of the Burn Patient. *Surgical Clinics of North America*. 2014;94(4):851–61
7. Traber D.L., Herndon D.N., Enkhbaatar P., Maybauer M.O., Maybauer D.M. The pathophysiology of inhalation injury. *Total Burn Care*. 2012;3:248–61
8. Goh C.T., Jacobe S. Ventilation strategies in paediatric inhalation injury. *Paediatric Respiratory Reviews*. 2016;20:3–9
9. Dyamenahalli K., Garg G., Shupp J.W., Kuprys P.V., Choudhry M.A., Kovacs E.J. Inhalation Injury: Unmet Clinical Needs and Future Research. *Journal of Burn Care & Research*. 2019;40(5):570–84
10. Prien T., Traber D. Toxic smoke compounds and inhalation injury – a review. *Burns*. 1988;14(6):451–60
11. U.S. Fire Administration. *U.S. fire deaths, fire death rates, and risk of dying in a fire [Internet]. U.S. fire deaths, fire death rates, and risk of dying in a fire*. 2019. Available from: https://www.usfa.fema.gov/data/statistics/fire_death_rates.html
12. Foncerrada G., Lima F., Clayton R.P., Mlcak R.P., Enkhbaatar P., Herndon D.N. Safety of Nebulized Epinephrine in Smoke Inhalation Injury. *Journal of Burn Care & Research*. 2017;38(6):396–402
13. Hubbard G.B., Langlinais P.C., Shimazu T., Okerberg C.V., Mason A.D., Pruitt B.A. The Morphology of Smoke Inhalation Injury in Sheep. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 1991;31(11):1477–86
14. Jones S.W., Williams F.N., Cairns B.A., Cartotto R. Inhalation Injury: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *Clinics in plastic surgery*. 2017Jul;44(3):505–11
15. Sousse L.E., Herndon D.N., Andersen C.R., Ali A., Benjamin N.C., Granchi T. High Tidal Volume Decreases Adult Respiratory Distress Syndrome, Atelectasis, and Ventilator Days Compared with Low Tidal Volume in Pediatric Burned Patients with Inhalation Injury. *Journal of the American College of Surgeons*. 2015;220(4):570–8
16. Endorf F.W., Gamelli R.L. Inhalation Injury, Pulmonary Perturbations, and Fluid Resuscitation. *Journal of Burn Care & Research*. 2006;27(Supplement)
17. Gonzalez R., Shanti C.M. Overview of current pediatric burn care. *Seminars in Pediatric Surgery*. 2015;24(1):47–9
18. Patel P.H. Calculated decisions: RADS (Radiologist's Score) for smoke inhalation injury. *Emergency medicine practice*. 2018;20(3):S3–S4
19. Oh J.S., Chung K.K., Allen A., Batchinsky A.I., Huzar T., King B.T. Admission Chest CT Complements Fiberoptic Bronchoscopy in Prediction of Adverse Outcomes in Thermally Injured Patients. *Journal of Burn Care & Research*. 2012;33(4):532–8
20. Park M.S., Cancio L.C., Batchinsky A.I., McCarthy M.J., Jordan B.S., Brinkley L.W. Assessment of Severity of Ovine Smoke Inhalation Injury by Analysis of Computed Tomographic Scans. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 2003;55(3):417–29
21. Dries D.J., Endorf F.W. Inhalation injury: epidemiology, pathology, treatment strategies. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2013;21(1)
22. Badulak J.H., Schurr M., Sauaia A., Ivashchenko A., Peltz E. Defining the criteria for intubation of the patient with thermal burns. *Burns*. 2018;44(3):531–8
23. Onishi S., Osuka A., Kuroki Y., Ueyama M. Indications of early intubation for patients with inhalation injury. *Acute Medicine & Surgery*. 2017;4(3):278–85
24. Fidkowski C.W., Fuzaylov G., Sheridan R.L., Coté C.J. Inhalation burn injury in children. *Pediatric Anesthesia*. 2009;19:147–54
25. Silver G.M., Freiburg C., Halerz M., Tojong J., Supple K., Gamelli R.L. A Survey of Airway and Ventilator Management Strategies in North American Pediatric Burn Units. *Journal of Burn Care & Rehabilitation*. 2004;25(5):435–40
26. Salim A., Miller K., Dangleben D., Cipolle M., Pasquale M. High-Frequency Percussive Ventilation: An Alternative Mode of Ventilation for Head-Injured Patients with Adult Respiratory Distress Syndrome. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 2004;57(3):542–6
27. Jonkam C., Zhu Y., Jacob S., Rehberg S., Kraft E., Hamahata A. Muscarinic receptor antagonist therapy improves acute pulmonary dysfunction after smoke inhalation injury in sheep. *Critical Care Medicine*. 2010;38(12):2339–44
28. Khemani R.G., Conti D., Alonzo T.A., Bart R.D., Newth C.J. Effect of tidal volume in children with acute hypoxemic respiratory failure. *Intensive Care Medicine*. 2009;35(8):1428–37
29. Cioffi W.G., Rue L.W., Graves T.A., McManus W.F., Mason A.D., Pruitt B.A. Prophylactic use of high-frequency percussive ventilation in patients with inhalation injury. *Ann. Surg.* 213. *Annals of Surgery*. 1991;213(6):575–9

30. Cartotto R., Walia G., Ellis S., Fowler R. Oscillation After Inhalation: High Frequency Oscillatory Ventilation in Burn Patients with the Acute Respiratory Distress Syndrome and Co-Existing Smoke Inhalation Injury. *Journal of Burn Care & Research*. 2009;30(1):119–27
31. Greathouse S.T., Hadad I., Zieger M., Nitu M., Rowan C.M., Coleman J.J. High-Frequency Oscillatory Ventilators in Burn Patients. *Journal of Burn Care & Research*. 2012;33(3):425–35
32. Miller A.C., Rivero A., Ziad S., Smith D.J., Elamin E.M. Influence of Nebulized Unfractionated Heparin and N-Acetylcysteine in Acute Lung Injury After Smoke Inhalation Injury. *Journal of Burn Care & Research*. 2009;30(2):249–56
33. Lawson-Smith P., Jansen E.C., Hyldegaard O. Cyanide intoxication as part of smoke inhalation – a review on diagnosis and treatment from the emergency perspective. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2011;19(1):14
34. Walker P.F., Buehner M.F., Wood L.A., Boyer N.L., Driscoll I.R., Lundy J.B. Diagnosis and management of inhalation injury: an updated review. *Critical Care*. 2015;19(1)
35. Choi S. Delayed Neurologic Sequelae in Carbon Monoxide Intoxication. *Archives of Neurology*. 1983;40(7):433–5
36. Palmieri T.L., Taylor S., Lawless M., Curri T., Sen S., Greenhalgh D.G. Burn Center Volume Makes a Difference for Burned Children. *Pediatric Critical Care Medicine*. 2015;16(4):319–24
37. Pruitt B.A., Erickson D.R., Morris A. Progressive Pulmonary Insufficiency and Other Pulmonary Complications Of Thermal Injury. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 1975;15(5):269–379
38. Batchinsky A.I., Wyckoff R., Choi J.H., Phd D., Burmeister D., Jordan B.S. Dynamics of ARDS development due to smoke inhalation injury. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2019;87:91–100
39. Cao L., Zhang X.G., Wang J.G., Wang H.B., Chen Y.B., Zhao D.H. Pulmonary function test findings in patients with acute inhalation injury caused by smoke bombs. *Journal of Thoracic Disease*. 2016; 8(11):3160–7

Сведения об авторах:**Information about authors:****Niti SHAHI**

MD, профессор, отделение детской хирургии, детская больница Колорадо; Aurora, Colorado, USA; Хирургическое отделение медицинского факультета Массачусетского университета; Worcester, Massachusetts, USA

Niti SHAHI

MD, Division of Pediatric Surgery, Children's Hospital Colorado; Aurora, Colorado, USA; Department of Surgery, University of Massachusetts Medical School; Worcester, Massachusetts, USA

ФИЛЛИПС Райан

MD, профессор, отделение детской хирургии, детская больница Колорадо; Aurora, Colorado, USA; хирургическое отделение, клиника Окснер; New Orleans, LA USA

Ryan PHILLIPS

MD, Division of Pediatric Surgery, Children's Hospital Colorado; Aurora, Colorado, USA; Department of Surgery, Ochsner Clinic; New Orleans, LA USA

Steven L. MOULTON

MD, профессор детской хирургии, кафедра хирургии медицинского факультета Университета Колорадо; Aurora, Colorado, USA

Steven L. MOULTON

MD, Department of Surgery, University Colorado School of Medicine; Aurora, Colorado, USA

Контакты:

Steven L. Moulton, 12631 E. 17th Авеню, С-305, Аврора, Колорадо, США 80045;
E-Mail: Steven.moulton@chi, Idrenscolorado.org;
тел.: (720)777–6571

Contacts:

Steven L. Moulton, 12631 E. 17th Avenue, C-305, Aurora, Colorado, USA 80045;
E-Mail: Steven.moulton@chi, Idrenscolorado.org;
phone: (720)777–6571